PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 : G03F 7/00 — A2

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 99/67683**

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. Dezember 1999 (29.12.99)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/04246

(22) Internationales Anmeldedatum: 18. Juni 1999 (18.06.99)

(30) Prioritätsdaten:
198 27 603.6 20. Juni 1998 (20.06.98) DE

(71) Anmelder *(nur für AT BE CH CY DE DK ES FI FR GR IT KR LU MC NL PT SE)*: CARL ZEISS [DE/DE]; D–73446 Oberkochen (DE).

(71) Anmelder *(nur für GB IE JP)*: CARL ZEISS STIFTUNG trading as CARL ZEISS [DE/DE]; D–89518 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: GABER, Erwin [DE/DE]; Osterholzstrasse 85, D–89522 Heidenheim (DE). WAGNER, Christian [DE/DE]; Mährenstrasse 9, D–73431 Aalen (DE). HOLDERER, Hubert [DE/DE]; Gräfinstrasse 6, D–89551 Königsbronn (DE). GERHARD, Michael [DE/DE]; Bühlstrasse 4, D–73432 Aalen (DE). MERZ, Erich [DE/DE]; Baindtstrasse 1, D–73457 Essingen (DE). BECKER, Jochen [DE/DE]; Junoweg 10, D–73447 Oberkochen (DE). SCHEIBERLICH, Arie, Cornelis [NL/NL]; Provincialeweg 38, NL–5503 HG Veldhoven (NL).

(74) Anwälte: OSTERTAG, Ulrich usw.; Eibenweg 10, D–70597 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

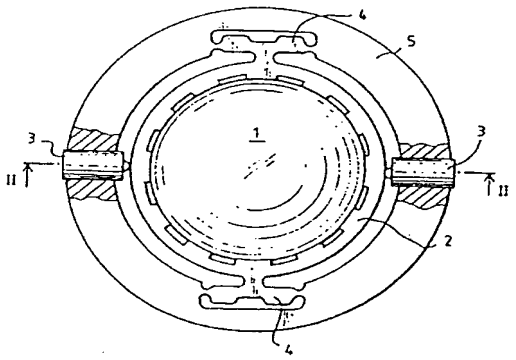
Veröffentlicht
Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

(54) Title: OPTICAL SYSTEM, ESPECIALLY A PROJECTION LIGHT FACILITY FOR MICROLITHOGRAPHY

(54) Bezeichnung: OPTISCHES SYSTEM, INSBESONDERE PROJEKTIONS–BELICHTUNGSANLAGE DER MIKROLITHOGRAPHIE

(57) Abstract

The invention relates to an optical system, especially a projection light facility for microlithography, especially with an image field shaped as a slit or with non rotational symmetry illumination, comprising an optical element (1), especially a lens or a mirror, which is arranged in a mount (2) and actuators (3) which engage with the optical element (1) at least nearly perpendicular to the optical axis. The actuators (3) effect non rotational symmetric forces and/or moments deviating from the radial lines in the optical element (1) to generate curvatures with substantially no changes in thickness.



(57) Zusammenfassung

Ein optisches System, insbesondere eine Projektions–Belichtungsanlage der Mikrolithographie, insbesondere mit schlitzförmigem Bildfeld oder nicht rotationssymmetrischer Beleuchtung, weist ein optisches Element (1), insbesondere eine Linse oder einen Spiegel, das in einer Fassung (2) angeordnet ist, und Aktuatoren (3) auf, die an dem optischen Element (1) wenigstens annäherend senkrecht zur optischen Achse angreifen. Die Aktuatoren (3) bewirken nicht rotationssymmetrische und von der Radialen abweichende Kräfte und/oder Momente an dem optischen Element (1) zur Erzeugung von im wesentlichen ohne Dickenänderungen sich ergebende Verbiegungen.

Optisches System, insbesondere Projektions-Belichtungsanlage der Mikrolithographie

Die Erfindung betrifft ein optisches System, insbesondere Projektions-Belichtungsanlage, der Mikrolithographie, insbesondere mit schlitzförmigem Bildfeld oder nicht rotationssymmetrischer Beleuchtung, das ein optisches Element, insbesondere eine Linse oder einen Spiegel, das in einer Fassung angeordnet ist, und Aktuatoren aufweist, die an einem Teil der Fassung und/oder an dem optischen Element angreifen.

Ein optisches System der eingangs genannten Art ist in der EP 0 678 768 A2 beschrieben. Dabei werden Step- und Scan-Prozesse eingesetzt, bei denen von einer Maske nur ein schmaler, schlitzförmiger Streifen auf einen Wafer übertragen wird. Um das gesamte Feld zu belichten, werden dabei ein Reticle und der Wafer seitlich verschoben (Scanning).

Nachteilig dabei ist jedoch, daß durch diese Schlitzgeometrie vor allem auf den wafernahen Linsen ein rotationsunsymmetrischer Beleuchtungsabdruck entsteht. Dies bedeutet, daß die durch die zwangsläufige Linsenerwärmung entstehende Temperaturverteilung auf der Linse ebenfalls rotationsunsymmetrisch ist und deshalb über den linearen Zusammenhang Brechzahl-Temperatur und thermische Ausdehnung zu Bildfehlern, wie z.B. Astigmatismus, auf der optischen Achse führt.

In der 193nm-Lithographie führt die Durchsetzung der

BESTÄTIGUNGSKOPIE

anlage der Mikrolithographie beschrieben, bei der die Objektive mit Korrekturelementen versehen sind. Hierzu ist unter anderem ein Linsenpaar vorgesehen, das um die optische Achse drehbar ist. Dabei wird die Brechkraft durch die Form der Linse durch Überlagern einer zylindrischen Meniskus-Form über eine sphärische Linse geändert.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein optisches System der eingangs erwähnten Art zu schaffen, bei welchem die durch die ungleichmäßige Temperaturverteilung im System zwangsläufig auftretenden Bildfehler mit einfachen Mitteln korrigiert bzw. minimiert werden können.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

Im Unterschied zum Stande der Technik werden nicht lediglich Druckkräfte erzeugt, die lediglich eine asymmetrische Dickenänderung ergeben, sondern durch die erzeugten Schubkräfte bzw. Torsion wird eine Durchbiegung des optischen Elementes, wie z.B. einer Linse, erzielt, die dabei so gewählt wird, daß die zwangsläufig auftretenden Bildfehler weitestgehend kompensiert werden. Mit den erfindungsgemäßen Aktuatoren kann ein optisches Element, wie z.B. eine Linse, gezielt um einige 100nm bis μm, deformiert werden. Auf diese Weise läßt sich beispielsweise eine Kompensation von Astigmatismus r^2 und r^4 erreichen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich die gewünschten Temperaturverteilungen mit einfachen Maßnahmen rasch und zuverlässig erreichen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn nur bestimmte Bildfehler,

Von Vorteil ist es auch, daß es - in Abhängigkeit von der Anordnung und Anzahl der Aktuatoren - darüber hinaus möglich ist, andere Deformationen des optischen Elementes zu erzeugen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und aus den nachfolgend anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Draufsicht auf ein optisches Element mit erfindungsgemäßen Aktuatoren;

Figur 2 einen Schnitt nach der Linie II-II der Figur 1;

Figur 3 ein zweites Ausführungsbeispiel für ein optisches Element mit erfindungsgemäßen Aktuatoren;

Figur 4 einen Schnitt nach der Linie IV-IV der Figur 3;

Figur 5 ein drittes Ausführungsbeispiel für ein optisches Element mit erfindungsgemäßen Aktuatoren;

Figur 6 einen Schnitt nach der Linie VI-VI der Figur 5;

Figur 7 einen Schnitt, ähnlich den Schnitten in den Figuren 2, 4 und 6 durch ein viertes Ausführungsbeispiel für ein optisches Element mit erfindungsgemäßen Aktuatoren;

Figur 8 einen Halbschnitt durch ein fünftes Ausführungsbeispiel für ein optisches Element mit erfin-

gung der Linse 1 führt.

Die Figuren 3 und 4 zeigen einen Rahmen 5, wobei ebenfalls wie beim Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 ein Moment in einen deformierbaren Fassungsring 2 eingeleitet wird. Wie insbesondere aus der Figur 4 ersichtlich ist, liegen dabei der Rahmen 5 und der Fassungsring 2 teilweise parallel zur optischen Achse hintereinander, weshalb in diesem Falle auch die beiden sich gegenüberliegenden Aktuatoren 3 mit ihren Längsachsen parallel zur optischen Achse liegen und auf diese Weise ebenfalls parallel zur optischen Achse gerichtete Kräfte erzeugen können.

Um jeweils 90° versetzt zu den Aktuatoren 3 sind nicht näher dargestellte Fixierungs- bzw. Klemmstellen 4 zur Verbindung des Rahmens 5 mit dem Fassungsring 2 vorgesehen. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 1 und 2 wird dabei der Fassungsring 2 an zwei gegenüberliegenden Stellen am Rahmen 5 festgehalten und an den um 90° gedreht liegenden Stellen entlang der optischen Achse verbogen.

Das in den Figuren 5 und 6 dargestellte Ausführungsbeispiel führt zu keiner Verschiebung entlang der optischen Achse, da hier gleichzeitig an zwei gegenüberliegenden Stellen nach unten und jeweils um 90° versetzt dazu nach oben durch die entsprechend angeordneten Aktuatoren 3 gedrückt wird. Wie ersichtlich, erzeugen dabei wie beim Ausführungsbeispiel nach den Figuren 3 und 4 z.B. horizontal sich gegenüberliegende Aktuatoren nach unten gerichtete Biegemomente, während die vertikal sich gegenüberliegenden Aktuatoren 3 nach oben gerichtete Biegemomente an der Linse 1 erzeugen. Die Verbindung zwischen Fassungsring 2 und Rahmen 5 erfolgt durch vier Gelenke 4,

zwei diametral gegenüberliegenden Stellen, mit zylindrischen Aufnahmeöffnungen 14 versehen, die über eine Durchgangsbohrung 15 kleineren Durchmessers mit der Oberseite des Aktuatorenhalters 11 in Verbindung steht. Auf diese Weise entsteht zwischen der Aufnahmeöffnung 14 und der Durchgangsbohrung 15 eine ringförmige Schulter 16.

In jeder Aufnahmeöffnung 14 befindet sich ein pneumatischer Balg 3, der in diesem Ausführungsbeispiel als Aktuator dient. Die Unterseite dieses Balges 3 liegt an dem ringförmigen Flansch 10 des deformierbaren Fassungsringes 2 an; eine ringförmige obere Stirnfläche des Balges 3 liegt an der Stufe 16 zwischen Aufnahmeöffnung 14 und Durchgangsbohrung 15 des Aktuatorenhalters 11 an. Ein winkelförmiger Anschluß 17 für den Balg 3 ist durch die Durchgangsöffnung 16 hindurchgeführt und steht mit einem Schlauch 18 in Verbindung, über den unter Druck stehendes Gas zugeführt wird.

Die Druckregelung des Gases kann auf unterschiedliche Weise erfolgen:

Im einfachsten Fall ist direkt am Regelventil (nicht dargestellt) und/oder an dem Fassungsring 2 ein einfacher Gasdrucksensor angebracht, der eine Rückmeldung über den tatsächlich erreichten Gasdruck im Balg 3 an die Steuerung gibt. Alternativ kann am Fassungsring 2 ein Wegsensor (nicht dargestellt) angebracht werden, der die tatsächliche Verbiegung des Fassungsringes 2 feststellt und entsprechend an die Steuerung meldet. Dieser Wegsensor kann beispielsweise kapazitiv arbeiten.

Sowohl die Gasdruckregelung über den Gasdrucksensor als auch die Wegmessung über den Wegsensor können durch

Die Verwendung pneumatisch betätigter Bälge 3 als Aktuatoren hat gegenüber den Ausführungsbeispielen, die weiter oben beschrieben worden sind, den Vorteil eines einfachen mechanischen Prinzips, das keine Führungen benötigt und daher weitgehend reibungs- und verschleißfrei ist, sowie den Vorteil einer hohen Verstellgeschwindigkeit.

Mit den vorstehend beschriebenen Aktuatoren ist es möglich, Linsen 1 zu einer Fassung so zu deformieren, daß Abbildungsfehler von Oberflächenfehlern anderer Linsen kompensiert werden können. Dies bedeutet, es wird an einer oder an einigen Linsen 1 eine "Überkompensation" durchgeführt. Damit wird die Abbildungsqualität des gesamten Objektivs verbessert. Außerdem können Änderungen der Brechung durch Compaction bei Quarz oder durch Erwärmung der Linse im Betrieb so kompensiert werden, daß die optische Qualität über die gesamte Lebensdauer des Objektivs gewährleistet wird.

Im allgemeinen wird man eine Linse 8 im oberen Drittel des Objektives für eine Deformation verwenden, bei der das Verhältnis von Büscheldurchmesser des Lichtbündels zu Linsendurchmesser das richtige Verhältnis von Verzeichnungs- zu Astigmatismuswirkung liefert. Außerdem ist der Feldverlauf über den Büscheldurchmesser zu manipulieren. Für eine Linse im Blendenraum ergibt sich ein Astigmatismus, der über das Bildfeld konstant ist, und keine Verzeichnungswirkung. Für eine Linse sehr nahe am Reticle ergibt sich ein Verzeichnungsanamorphismus, aber nur eine sehr geringe Astigmatismuswirkung.

Die Aktuatoren, insbesondere die Piezos sowie die pneumatischen Bälge, können mit einem Getriebe, z.B. Linear- oder Hebelgetriebe, für Unter- oder Übersetzungen versehen werden. Hierzu kann man in vorteilhafter Weise Fest-

Patentansprüche

1. Optisches System, insbesondere Projektions-Belichtungsanlage der Mikrolithographie, insbesondere mit schlitzförmigem Bildfeld oder nicht rotationssymmetrischer Beleuchtung, das ein optisches Element, insbesondere eine Linse oder einen Spiegel, das in einer Fassung angeordnet ist, und Aktuatoren aufweist, die an dem optischen Element und/oder der Fassung angreifen,

dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (3) nicht rotationssymmetrische und von der Radialen abweichende Kräfte und/oder Momente an dem optischen Element (1) zur Erzeugung von im wesentlichen ohne Dickenänderungen sich ergebenden Verbiegungen bewirken.

2. Optisches System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (3) an der deformierbaren Fassung (2) des optischen Elements (1) derart angreifen, daß die Fassung (2) Schubkräfte und/oder Biegemomente an dem optischen Element (1) erzeugt.

3. Optisches System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens zwei Aktuatoren (3) sich gegenüberliegend vorgesehen sind.

4. Optisches System nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (3) hydraulisch, mechanisch oder elektrisch betätigte Stellglieder aufweisen.

Aktuatoren (3) mit pneumatischen Bälgen versehen sind, die direkt oder über Zwischenglieder an dem optischen Element angreifen.

FIG. 3

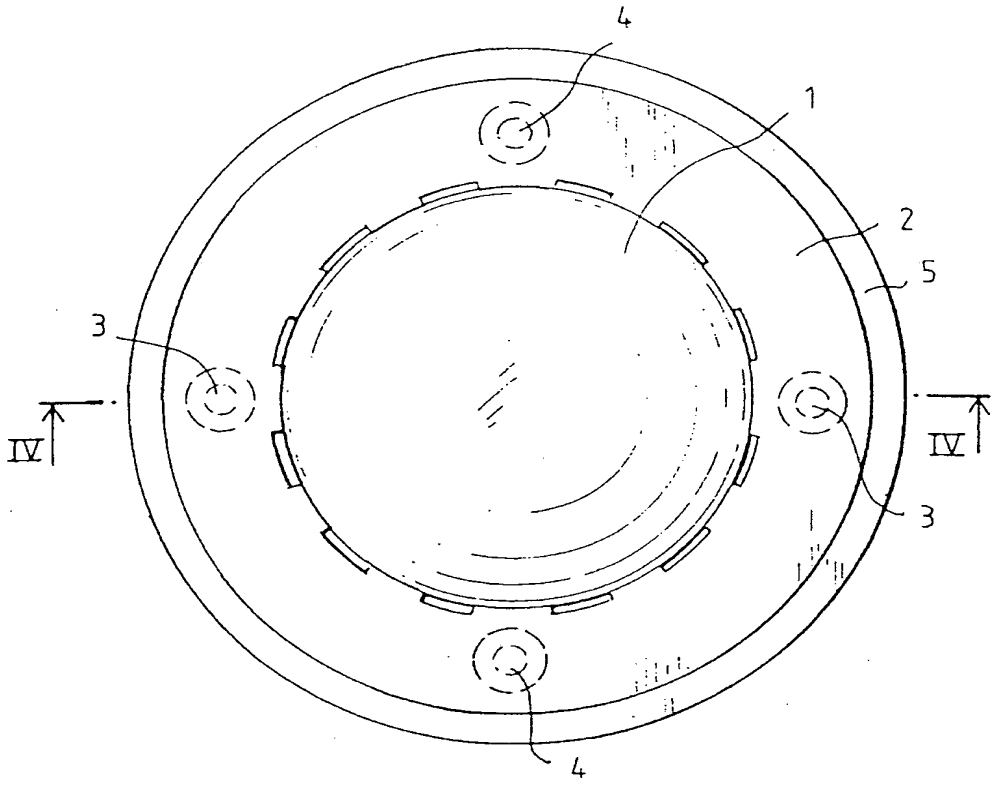


FIG. 4

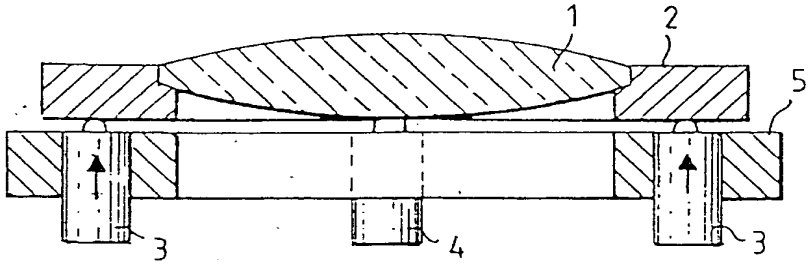


FIG.8

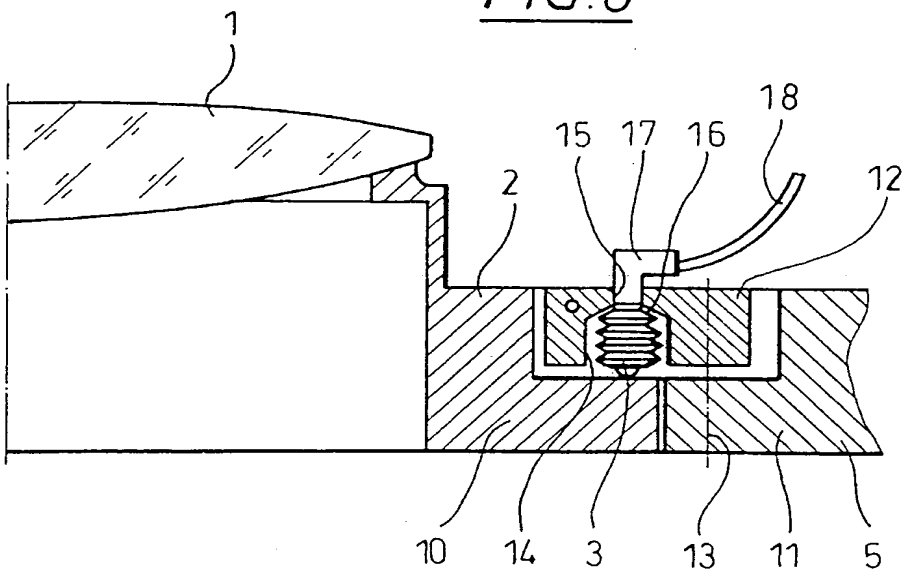


FIG.9

